

Для визначення ефективності перебігу процесу коагуляційного очищення стічних вод паперової галузі в роботі був використаний модельний розчин, характеристика якого наведена в табл. 1. Як коагулянт використовували розчин FeCl_3 . Розрахована теоретична доза коагулянту склала $37,5 \text{ мг/дм}^3$. Для визначення оптимальної дози коагулянту було проведено серію дослідів, в яких теоретичну дозу коагулянту збільшували та зменшували на 50 %. Ефективність процесу оцінювали за значенням вмісту змулених речовин, сухого залишку, вмістом хлоридів та окисністю. За результатами дослідження було встановлено, що оптимальна доза коагулянту FeCl_3 в даному випадку склала $46,8 \text{ мг/дм}^3$.

Таблиця 1 – Характеристика модельного розчину до та після коагуляції

Параметри	Значення до коагуляції	Значення після коагуляції
Зовнішній вигляд	Каламутний розчин з незначним осадом	Прозорий розчин без осаду
pH	4,87	-
Вміст змулених речовин, мг/дм^3	127	1,9
Вміст прожарених змулених речовин, мг/дм^3	30,5	-
Сухий залишок, мг/дм^3	37,2	40,5
Прожарений сухий залишок, мг/дм^3	13,4	-
Хлориди, мг/дм^3	77,5	132,8
Сульфати, мг/дм^3	0,1	-
Загальна твердість, ммольдм^3	5,05	-
Окисність, $\text{мг O}_2/\text{дм}^3$	24,4	15,2

Наведені результати свідчать про високу ефективність використання коагулянту на основі Fe(III) для очистки модельного розчину від змулених речовин, проте з іншого боку, показано, що в результаті використання як коагулянта FeCl_3 очищений модельний розчин характеризується підвищеним вмістом хлорид-йонів і потребує доочищення.

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД НІТРАТІВ МЕТОДОМ ВИТІСНЮВАЛЬНОЇ БІОФІЛЬТРАЦІЇ

В.С. Гевод, А.С. Чернова

Науковий керівник д.х.н. В.С.Гевод

Український державний хіміко-технологічний університет

Дніпро, Україна, aquilegva@ua.fm

У останні десятиліття на селітебних територіях відбулася істотна зміна мінерального складу підземних вод. У воді колодязів та скважен виявляють концентрації нітратів, що набагато перевищують санітарно-гігієнічні нормативи. Надмірна концентрація нітратів у питній воді спричиняє метгемоглобінемію у немовлят і провокує виникнення злоякісних пухлин та інших небезпечних захворювань у дорослих.

В даний час для видалення нітратів з питної води застосовують іонообмінну фільтрацію, адсорбційну фільтрацію, катодне відновлення та електродіаліз, баромембранну фільтрацію і біофільтраційне відновлення нітратів до молекулярного азоту у фільтруючих пристроях з рухомими і нерухомими носіями колоній інкубованої мікрофлори. Кожен з перерахованих методів забезпечує виконання поставленого завдання, але перші чотири не є екологічно досконалими (дружніми) та оптимальними з точки зору їх життєвих циклів (вуглецевого сліду), а останній - біофільтраційний застосовується в технологіях централізованої водопідготовки, але не набув поширення в індивідуальних пристроях децентралізованого питного водозабезпечення. Це пов'язано зі специфікою біофільтраційного відновлення нітратів до азоту гетеротрофною і автотрофною мікрофлорами.

Метою даної роботи було показати, що змінення режиму експлуатації денітрифікуючого біофільтра з безперервно проточного способу фільтрації на періодично витіснювальний, дає змогу суттєво спростити конструкцію, зменшити матеріалоємність необхідного обладнання та забезпечити в пристроях індивідуального користування ефективно видалення нітратів з води, що очищується.

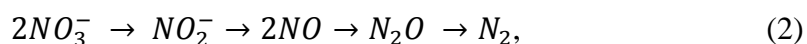
Біофільтри з нерухомим завантаженням, що фільтрує, при відношенні їх висоти до діаметру > 20 є реакторами ідеального витіснення. В них відбувається "поршнева" течія рідини без перемішування уздовж потоку при рівномірному розподілі концентрації розчинених речовин у напрямі, перпендикулярному потоку.

Математичною моделлю роботи реактора ідеального витіснення, зі зміною концентрації речовини в його просторі внаслідок протікання хімічної або біохімічної реакцій, є рівняння:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = -u \frac{\partial C_i}{\partial l} \pm W_i \quad (1)$$

Де: C_i – концентрація i -ої речовини в просторі біофільтра; τ – час; u – лінійна швидкість фільтрації; l – координата (довжина апарату); W_i – швидкість хімічної або біохімічної реакції по i -ої речовині.

У разі реакцій мікробіологічної денітрифікації, які насправді здійснюються за схемою:



процес зміни концентрації нітрат - іонів в просторі біофільтра можна розглядати як реакцію першого порядку, тобто:



Тоді відповідно до (1) динаміка біофільтраційної денітрифікації описується рівнянням:

$$\frac{\partial C_{NO_3^-}}{\partial \tau} = -u \frac{\partial C_{NO_3^-}}{\partial l} - k C_{NO_3^-} \quad (4)$$

Тут: k - константа швидкості біофільтрації за нітрат-іонами.

При цьому для усталеного (стаціонарного) режиму біофільтрації з лінійною швидкістю фільтрації (u) отримуємо:

$$C_{\text{вых } NO_3^-} = C_{\text{вх } NO_3^-} \exp\left(-\frac{kl}{u}\right). \quad (5)$$

А якщо здійснюється не проточний режим ($u=0$), то:

$$C_{(\tau) NO_3^-} = C_{(\tau=0)NO_3^-} \exp(-k\tau). \quad (6)$$

З (5) і (6) витікає, що на виході з біофільтра концентрації іонів NO_3^- , будуть однаковими, якщо час перебування цих іонів всередині біофільтруючого простору при наскрізному потокові (величина відношення l/u) рідини, що очищується, буде таким же, як і час їх перебування (τ) при нульовому потоку.

А це означає, що якщо в біофільтр періодично (через проміжки часу $\tau = l/u$), порціями подавати воду, забруднену нітратами, то з біофільтра синхронно можна отримувати такі ж порції денітрифікованої води.

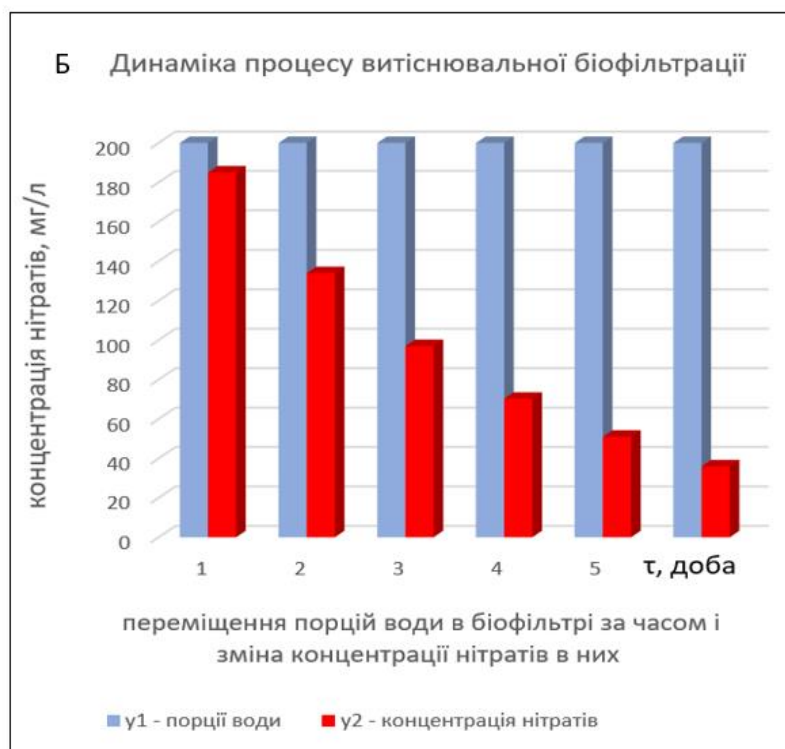
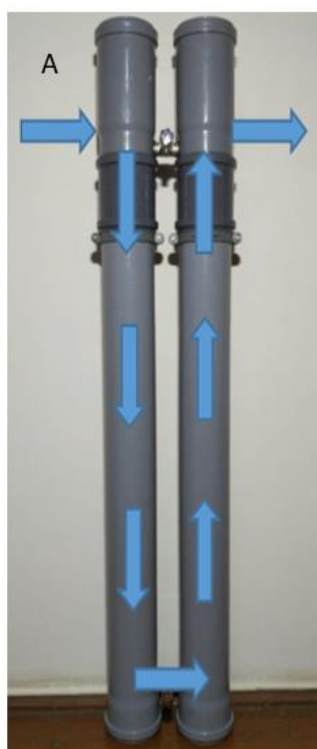


Рис. 1. а). Фотографія створеного U- образного денітрифікатора і траєкторія "поршневого" руху рідини в нім;

б). Динаміка процесу витіснювальної денітрифікації:

- $y_1(\tau_1)$ - концентрація нітратів в порціях води, що подається на біофільтрацію;
- $y_1(\tau_6)$ - концентрація нітратів в порціях фільтрату, що отримується;
- $y_1, \tau_2 - y_1(\tau_5)$ - концентрації нітратів в порціях води за траєкторією фільтрації;
- $y_2(\tau_1) - y_2(\tau_6)$ - об'єми порцій води, що подаються, послідовно переміщуються усередині фільтру та виходять з біофільтру (об'єм кожної порції за умовами експерименту 2000 мл).

Кількість і якість денітрифікованої води, що отримується за процедурою витіснювальної біофільтрації, пов'язані з об'ємами і частотою подання порцій води у біофільтр та залежать від константи швидкості реакції мікробіологічної денітрифікації.

Очищення води від нитрат-ионов методом витіснювальної біофільтрації здійснили в фільтруючому пристрої U- подібної форми. У ньому габаритна довжина фільтраційного шляху складала 2400 мм. Корпус пристрою був виготовлений з стандартних полівінілхлоридних труб з внутрішнім діаметром 100 мм, завдовжки 1500 мм, заглушеним дном і гідравлічною перемичкою, встановленою на відстані 50 мм від заглушеного дна. У верхній частині кожної з труб, що утворюють U- подібну конструкцію, на відстані 200 мм від їх відкритих верхніх торців були зроблені отвори і вмонтовані патрубки для подачі води на фільтрацію і відведення відфільтрованої води. Таким чином, у вхідному коліні біофільтруючого пристрою вода переміщалася в напрямку зверху-вниз, а у вихідному – знизу-вгору як показано на рис 1а.

Для мікробіологічної денітрифікації було застосовано фільтруюче завантаження з профільованих порожнистих поліпропіленових роликів з вирощеними на їх поверхні колоніями денітрифікуючих гетеротрофних бактерій. Калібр роликів завантаження складав 16 x 12 мм, площа поверхні у насипному виді - $1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$, питомий об'єм вільного простору в фільтруючому дорівнював 0.75 м^3 на 1 м^3 насипного матеріалу.

На біологічну фільтрацію вода, що містила нітрати, подавалася з додаванням етанолу в співвідношенні $2,3 \text{ г C}_2\text{H}_5\text{OH}$ на $1 \text{ г NO}_3^- - \text{N}$ [1]. Періодичну подачу заданих об'ємів вихідної води в біофільтр і синхронний відбір таких само об'ємів денітрифікованої води здійснювали в один і той же час щодоби. Отримані результати представлені на рис.1.б

Зміна режиму біологічної фільтрації з безперервно проточного на періодично витіснювальний, як показано на рис. 1б, забезпечує отримання наступних переваг:

- Відпадає необхідність створення за допомогою дорогих пристосувань безперервного повільного потоку води, що денітрифікується, через біофільтр.
- Споживач отримує можливість періодично подавати великі порції води на біофільтрацію і одночасно отримувати таку ж кількість денітрифікованої води.
- Біофільтр має просту конструкцію і може бути зібраний з матеріалів з мінімальним вуглецевим слідом.

Література

1.Mosheni-Bandoi A.,Elliot D.J.,Zazouli M.A. Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review J Environ Health Sci Eng. 2013; 11: 35. Published online 2013 Dec 19.doi:[10.1186/2052-336X-11-35](https://doi.org/10.1186/2052-336X-11-35).PMCID: PMC3880027, PMID: 24355262.

ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД ПИВОВАРЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗЕЛЕНИХ МІКРОВОДОРОСТЕЙ *CHLORELLA VULGARIS*

Голуб Н.Б., Левтун І.І.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського» м.Київ, Україна.*

golubnb@ukr.net

Стурбованість екологічною безпекою призвела до встановленню більш жорстких норм щодо скиду стічних вод пивоварних заводів у каналізаційну мережу. Такі стічні води містять органічні сполуки, які необхідно утилізувати. Стічна вода зазвичай має високі значення ХСК ($2000-6000 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$) та БСК ($1200-3600 \text{ мг/дм}^3$) через наявність органічних компонентів